

Objetivos

- ✓ Entender que el muestreo de aceptación reduce el esfuerzo de inspección.
- ✓ Entender que el muestreo de aceptación, al tratarse de una “inspección”, comporta un coste y no basta para conseguir la calidad.
- ✓ Aprender a aplicar los distintos tipos de muestreos de aceptación.
- ✓ Entender que el muestreo continuo de aceptación reduce el espacio de almacenamiento y los costes.
- ✓ Aprender a aplicar los distintos tipos de muestreos de aceptación continua.

Epígrafes

- ✓ Introducción al muestreo para la aceptación.
- ✓ Utilidad del muestreo.
- ✓ Ventajas e Inconvenientes.
- ✓ Tipos de planes de muestreo.
 - Muestreo por Atributos
 - Por lotes
 - ✓ Curva OC (NQL)
 - ✓ Norma MIL-STD-105D.
 - Continuo
 - ✓ Norma MIL-STD-1235.
 - Etapa simple
 - Etapa múltiple

Introducción al Muestreo para la Aceptación

- ✓ Un muestreo de aceptación consiste en evaluar un colectivo homogéneo a través de una muestra aleatoria, para decidir la aceptación o el rechazo del Colectivo
- ✓ La inspección para tener aceptación se realiza en muchas de las etapas de la producción. A la hora de recibir los materiales, piezas o materia prima; durante la manufactura; al terminarlo y una vez el producto es comprado, por el consumidor.
- ✓ El muestreo de aceptación es una forma particular de inspección y simplemente **acepta y rechaza** lotes; pero **no mejora la calidad**. Es decir, el muestreo de aceptación no es una estrategia de mejora de la calidad.
- ✓ El procedimiento general de muestreo para la aceptación se puede observar en el siguiente [diagrama](#).

Utilidad del Muestreo para la Aceptación

- ✓ Cuando las pruebas son destructivas.
- ✓ Cuando el costo de la inspección del 100% es muy alto
- ✓ Cuando la inspección del 100% no es tecnológicamente factible o requeriría tanto tiempo de calendario que se impactaría seriamente la programación de la producción.
- ✓ Cuando son muchos los artículos por inspeccionar y la tasa de los errores de inspección es tan elevada que la inspección del 100% podría hacer que se aprobara un porcentaje más alto de unidades defectuosas que con la aplicación de un plan de muestreo.
- ✓ Cuando el proveedor tiene un historial de calidad excelente y se desea cierta reducción en la inspección del 100.

Ventajas e Inconvenientes del Muestreo para la Aceptación

Ventajas

- ✓ Menos costoso.
- ✓ Menor manejo del producto, se reducen daños.
- ✓ Puede aplicarse cuando las pruebas son destructivas.
- ✓ Menos personal implicado en la inspección.

Inconvenientes

- ✓ Se pueden rechazar lotes buenos y aceptar lotes malos.
- ✓ Se requiere una serie de cálculos y documentación que no son necesarios en una inspección al 100%.

Tipos de Planes de Muestreo

Los planes de muestreo se pueden clasificar de diversas formas:

✓ **De acuerdo con la naturaleza de la población base:**

- Lote aislado.
- Lote a lote (producción uniforme de lotes).
- Fabricaciones continuas (por ejemplo industria química, plantas embotelladoras, etc.).

✓ **De acuerdo con la naturaleza de la característica inspeccionada:**

- Por atributos. La característica es de tipo cualitativo (pasa /no pasa).
- Por variables. La característica es de tipo cuantitativo (p.ej., longitud, peso, etc.).

✓ **De acuerdo con el número de muestras a tomar:**

- **Simple:** Se toma **una muestra** con la que hay que decidir la aceptación o el rechazo.
- **Dobles:** Se toman hasta dos muestras. Es posible aceptar o rechazar solo con la primera muestra. Si es un resultado intermedio, se extrae una segunda muestra. El tamaño de las dos muestras puede ser diferente.
- **Múltiple:** Conceptualmente es igual al muestreo doble pero en este caso se extrae hasta n muestras diferentes.
- **Secuencial:** En este caso se van extrayendo los elementos uno a uno y según los resultados que se van acumulando de elementos aceptados y rechazados, llega un momento en el que se tiene información suficiente para aceptar o rechazar el lote.

Muestreo por Atributos por Lote

- ✓ El muestreo basado en lotes con datos de atributos es la forma más simple y común del muestreo para la aceptación.
- ✓ La formación de un lote puede influir en la eficacia del plan de muestreo de aceptación. A continuación se enuncia tres recomendaciones para formar los lotes:
 - Los **lotes deben ser homogéneos**: Es decir, las unidades que forman un lote en particular deben haber sido fabricadas bajo condiciones similares en cuanto a máquinas, operadores, materia prima, tiempo (fechas), etcétera.
 - Los lotes deben ser formados de manera que **no compliquen** el manejo de materiales del proveedor y del cliente, deben ser empaquetados y embarcados de forma que la selección de unidades de la muestra sea relativamente fácil.
 - Los **lotes deben ser tan grandes** como sea posible. Esto debido al menor costo y mayor eficiencia de la inspección.

Muestreo por Atributos por Lote

- ✓ En estos planes se **extrae aleatoriamente** una muestra de un **lote de tamaño n** , y cada pieza de la muestra es clasificada de acuerdo con ciertos atributos como **aceptable o defectuosa**. Si el **número de piezas defectuosas, X** es **menor o igual** que un cierto número predefinido, **número de aceptación, c** entonces el lote es aceptado, en caso de que sea mayor el lote es rechazado.
- ✓ En la práctica nunca se sabe la calidad de un lote por adelantado. Sin embargo, la mayoría de lotes inspeccionados estarán entre dos valores extremos de **X** , por tanto, los planes de muestreo se evalúan mediante el cálculo de la **probabilidad de aceptación, P_a** .

$$P_a = P(X \leq c) = P_a(0) + P_a(1) + \dots + P_a(c-1) + P_a(c)$$

- ✓ De la representación de **P_a** frente **p** ($0 \leq p \leq 1$) se obtiene el gráfico denominado **Curva Característica Operativa, Curva OC** que expresa para un plan de muestreo concreto la probabilidad de aceptar un lote, en función del porcentaje p de artículos defectuosos existentes en dicho lote.

Muestreo por Atributos por Lote

- ✓ En la Curva OC se pueden observar cinco puntos específicos:
- Punto 1: $P_a = 1$, $q = 0$. Este punto indica que el lote siempre será aceptado ya que no contiene elementos defectuosos.
 - Punto 2: **NCA** (NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE). En inglés **AQL** (Acceptable Quality Level). Es el valor de p (c en el caso de defectos) que tiene una **probabilidad de aceptación de 0,95**. La probabilidad de rechazo de un lote con estas características, $\alpha = 0,05$, se denomina **riesgo del fabricante**.
 - Punto 3: $P_a = 0,5$, $q =$ calidad indiferente. Este punto define la calidad indiferente, es decir, donde el proveedor y consumidor asumen idéntico riesgo.
 - Punto 4: **CL** (CALIDAD LIMITE). En inglés **QL** (Quality Limit) o **LTPD** (Lot Tolerance Percent Defective). Es el valor de p (c en el caso de defectos) que tiene una **probabilidad de aceptación de 0,10**. La probabilidad de aceptación de un lote con estas características, $\beta = 0,10$, se denomina **riesgo del consumidor**.
 - Punto 5: $P_a = 0$, $q = 1$. Este punto afirma que todos los elementos del lote son defectuosos.

Muestreo por Atributos por Lote

Construcción de la Curva OC :

El método paso a paso para obtener la curva OC de un plan de muestreo único es el siguiente:

1. Conocidos n , c y P_a construir la siguiente tabla :

donde,

- n , tamaño de la muestra
- np , número de productos defectuosos
- p , fracción defectuosa
- P_a , probabilidad de aceptación
- $P_a p$ = AOQ = calidad media de salida

n	np	p	P_a	$P_a p$
			1,00	
			0,98	
			0,95	
			0,70	
			0,50	
			0,20	
			0,10	
			0,02	
			0,00	

2. Buscar en la [Tabla A3.1](#) para el valor dado de c hasta encontrar el P_a deseado (o el valor más próximo a dicho valor).
3. Leer en la [Tabla A3.1](#) el valor np asociado al valor de P_a seleccionado y colocarlo en la columna np .
4. Dividir por n el valor de np , para obtener el valor de p . Construir la gráfica OC.

EJEMPLO

Muestreo por Atributos por Lote

Procedimiento aproximado para obtener un plan de muestreo que satisfaga un valor de NCA (AQL) y CL (LTPD)

1. Conocidos NCA, CL se determina la probabilidad de aceptación, P_a para cada uno de los valores, $NCA = 1-\alpha$; $CL = \beta$.
2. Si el tamaño de la muestra es suficientemente grande y p pequeño (tal que $pn > 1$ y $p < 0.10$) se puede aproximar la distribución binomial por una distribución de Poisson: [EXPRESION](#)
3. La resolución de este sistema de ecuaciones en el que una de las incógnitas está en el índice sumatorio, es complicada. Para cada valor del número de aceptación c , existe una solución única de $(n \cdot NCA)$ y $(n \cdot CL)$.
4. Se busca en la [Tabla A3.2](#) diferentes valores de c y el valor de pn correspondiente para las probabilidades de aceptación iniciales, P_a .
5. Determinamos la relación CL/NCA correspondiente para los anteriores valores y el que más se acerque al propuesto inicialmente elegiremos su correspondiente valor de c y dividiendo pn por p obtenemos n , tamaño de muestra.
6. A continuación recalcularemos los valores NCA y CL para el valor de c y n obtenidos y realizaremos la gráfica OC correspondiente.

EJEMPLO

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105E

- ✓ Military Standard 105E (MIL-STD-105E) es un sistema de planes de muestreo para la aceptación de atributos que fue inicialmente desarrollado como un conjunto de **Tablas de inspección (10)** para el ejército de Estados Unidos durante la 2ª Guerra Mundial.
- ✓ Se han sucedido diferentes modificaciones, 105B-105C-105D hasta 1989 cuya versión actual es la **105E**.
- ✓ Este sistema ha sido adoptado por la International Organization for Standardization bajo la denominación de **ISO 2859**. Así como, por la mayoría de las normas importantes (**ANSI, BS, JIS, UNE**, etc.) con pequeñas variaciones.
- ✓ El MIL-STD-105E cubre tres tipos de muestreo; **simple, doble y múltiple**. Para cada tipo de muestreo existen planes específicos dependiendo del **nivel de calidad que el comprador espera del vendedor**, es decir, basados en el [NCA \(AQL\)](#).

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105D

- ✓ La **MIL-STD-105E**, además nos proporciona una colección de planes y reglas que nos permiten cambiar entre ellos para tener en cuenta cambios en la calidad de los lotes suministrados para la inspección.
- ✓ Para un mismo **tamaño de lote** y **nivel de calidad aceptable**, **NCA (AQL)** se especifican **tres planes de inspección**:
 - La **inspección Normal** es usada al iniciar una actividad de inspección porque es la esperada del vendedor, siendo similar al AQL.
 - La **inspección Rigurosa** se establece cuando el vendedor ha tenido un mal comportamiento en cuanto a la calidad convenida. Los requisitos para la aceptación de los lotes bajo una inspección rigurosa, son más estrictos que una inspección normal.
 - La **inspección Reducida** se aplica cuando el vendedor ha tenido un comportamiento bueno en cuanto a la calidad ($p < AQL$). El tamaño de muestra utilizado en una inspección reducida es menor que en una inspección normal, por lo que el costo de inspección es menor.

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105E

- ✓ Las reglas que determinan el **plan de muestreo** se resumen en los siguientes puntos:
 1. El plan de **inspección Normal** se realizará al inicio de la inspección.
 2. Se cambia del plan **Normal al Riguroso**, si **2 de cada 5 lotes consecutivos** han sido **rechazados**.
 3. Se cambia de plan **Riguroso a Normal**, si se **aceptan 5 lotes seguidos**.
 4. La **inspección Rigurosa debe concluir** después de más de **10 lotes rechazados** y se debe proponer al vendedor que cambie los niveles de calidad de su producción.
 5. Se cambia de plan **Normal a Reducido**, si **no se rechaza ningún** lote durante **10 lotes seguidos**.
 6. Se cambia de plan **Reducido a Normal**, si **un lote es rechazado**.

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105E

- ✓ Dentro de cada uno de los modos de inspección:
 - Existen **tres niveles** ordinarios de inspección, **niveles I, II, y III**, y otros **cuatro especiales, niveles S-1, S-2, S-3 y S-4**, que se utilizan en caso de ensayos destructivos o de inspecciones muy costosas.
 - Estos niveles van en función de la complejidad y la responsabilidad del producto. Cuanto más alto es el nivel, mayor es el tamaño de la muestra y aumenta la discriminación del plan de muestreo.
 - Si no se indica otra cosa se toma el **nivel II**.

- ✓ Hay dos pasos fundamentales en la aplicación de la norma;
 1. Seleccionar el plan apropiado en la tablas publicadas.
 2. Usar las reglas de cambio cuando la calidad del lote cambia, a mejor o a peor.

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105E

- ✓ Los pasos en la implementación de la norma es el siguiente:
1. Fijar el **NCA (AQL)**, basado en el acuerdo entre vendedor y cliente. (p.ej., NCA=1,5)
 2. Fijar el **Modo y Nivel de Inspección** (p. ej.; normal, Nivel II).
 3. Fijar el **tamaño del lote** (p. ej.; 400).
 4. Para el tamaño de la muestra se busca en la [Tabla I](#), la letra-código. (p.ej.; en nuestro caso resulta ser la H).
 5. A continuación, si se desea un **plan simple** se irá a las [Tablas II](#), si doble a las Tablas III y si múltiple a las Tablas IV. En el ejemplo busquemos el plan correspondiente a simple en inspección normal.
 6. Tabla II-A: El tamaño de la muestra es **n=50 y Ac=1 y Re=2**. Por tanto, el plan de muestreo simple consiste en tomar una muestra de tamaño 50 del lote y aceptar el lote si el número de elementos no conformes es menor o igual a 2.

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105E

Tabla : Para inspección Normal: Muestreo Simple (MIL STD 105D)

Letra Código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra n	Nivel de Calidad aceptable (NCA o AQL), en porcentaje																							
		0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,1	0,15	0,25	0,4	0,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2																								
B	3																								
C	5																								
D	8																								
E	13																								
F	20																								
G	32																								
H	50																								
J	80																								
K	125																								
L	200																								
M	315																								
N	500																								
P	800																								
Q	1250																								
R	2000																								

Fuente: Calidad total y productividad. Gutiérrez P.; H.

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105E

- ✓ Supongamos el caso en el que los **tamaños de lote y el AQL no tienen plan de muestreo apropiado**:
- ✓ En estos casos se siguen las flechas direccionales en las tablas para el plan de muestreo más cercano posible.
- ✓ Hay que tener en cuenta que cambia el tamaño muestral:
 1. P. ej. Supongamos que nuestro **AQL** es ahora, 0,04.
 2. El **tamaño del lote** sigue siendo (p. ej.; 400).
 3. Para el tamaño de la muestra se busca en la [Tabla I](#), la letra-código. (p.ej.; en nuestro caso resulta ser la H).
 4. En la [Tablas II](#), se sigue la flecha hasta el plan de muestreo más próximo. Corresponde con la letra M y especifica un tamaño muestral de 315 con $Ac=0$ y $Re=1$.

Procedimiento de aceptación por Normas MIL-STD-105E

- ✓ Planes de muestreo **Dobles y Múltiples**:
- ✓ Se pueden dar tres resultados posibles:
 1. Si $x \leq Ac \rightarrow$ rechazar
 2. Si $x \geq Ac \rightarrow$ aceptar
 3. Si $Ac < x < Re \rightarrow$ tomar la siguiente muestra.
- ✓ En general los planes de muestreo dobles requieren menos inspección media que los de muestreo simple.

Introducción al Muestreo continuo para la Aceptación por Atributos

- ✓ Representa un procedimiento de inspección de **aceptación-retificación**, que incluye **periodos alternativos** de inspección al 100% y otros por muestreo.
- ✓ El primer plan de muestreo continuo de **etapa única**, denominado CSP-1, para aplicación en la producción continua fue propuesto por **H.F. Dodge en 1943**.
- ✓ Posteriormente H.F. Dodge y M.N. Torrey crearon dos modificaciones al CSP-1, llamadas CSP-2 y CSP-3 todos de **etapa única**. Se incluyeron en un manual denominado **H106**.
- ✓ En 1958 se estudia el muestreo **multi-etapa** creándose el manual **H107**.
- ✓ En 1962, los manuales H106 y H107 se combinan para dar lugar a la norma **MIL-STD-1235**. Esta norma está compuesta por los siguientes planes: CSP-1, CSP-F, CSP-2, CSP-T, CSP-V. La última reforma data de 1999.

Ventajas del Muestreo Continuo

- ✓ No se interrumpe la producción ya que no es preciso formar lotes.
- ✓ La entrega de productos es inmediata.
- ✓ No es necesario disponer de espacio para almacenamiento de los lotes.
- ✓ El productor y el consumidor ahorran costes de inspección.
- ✓ La información de productos defectuosos se recibe en el momento de su detección.

Decisiones administrativas

- ✓ La administración decide quién va a hacer la inspección. En general, el fabricante realiza la inspección del 100% y el receptor la de muestreo.
- ✓ Se debe cumplir que: a) el proceso es continuo, b) el producto será homogéneo y c) existen instalaciones para la inspección del 100%;
- ✓ Las características y procedimientos de medida deben estar definidos claramente.
- ✓ Existen tres niveles de inspección al igual que en la norma MIL-STD-105E.

Aplicación de las Tablas de la Norma

✓ Norma MIL-STD-1235 (ORD):

- ✓ Esta norma nos proporciona procedimientos de muestreo para aceptación cuando la producción es continua. **Tablas de A16.1- a A16.10.**
- ✓ De manera análoga a la norma MIL-STD-105, los planes se caracterizan por que se designa con dos números, **i y f**. El **número i**, indica la cantidad de artículos consecutivos que deben considerarse aceptables en la fase de inspección del 100%. El **número f**, es la fracción sujeta a la inspección en dicha fase.
- ✓ Una **letra-código** se determina de acuerdo con la **tasa de producción** y el **nivel de inspección** en la **Tabla A16.1.**
- ✓ Con el valor obtenido de la **letra-código** y el valor de **AQL** dado leemos en las **tablas de A16.2- a A16.10**, el **valor de f** y el **valor de i** correspondientes a la inspección del 100%.
- ✓ Una vez se encuentren el número **i** sin defectos se pasara a la fase fraccional. Dado el nuevo valor de AQL se lee el valor límite de L.

Planes de Muestreo Continuo de Etapa Única

✓ Plan CSP-1: Diagrama de flujo

- Se inspecciona en forma consecutiva el 100% de las unidades producidas y se continua la inspección hasta que se encuentren, **i unidades consecutivas libres de defectos**.
- Cuando se encuentren que i unidades consecutivas estén libres de defectos, se **interrumpe la inspección del 100%** y sólo se inspecciona una **fracción f de las unidades producidas**.
- Si se encontrase **una unidad defectuosa** se volvería de inmediato a la **inspección del 100%**
- Volveríamos a empezar el ciclo.

✓ Plan CSP-2: Diagrama de Flujo

- Análogo al CPS-1, excepto que el descubrimiento de un defecto no da lugar de inmediato a un cambio de inspección al 100%, sino que se sigue la inspección de **S unidades** y si en ellas, se encuentra un segundo elemento defectuoso, se vuelve a la inspección del 100%, si no se sigue la inspección de muestreo.

Planes de Muestreo Continuo de Etapa Múltiple

✓ Plan CSP-M: Diagrama de flujo

- Este tipo de planes proporciona un procedimiento por el cual la fracción inspeccionada de unidades aumenta o disminuye por grados de nivel, según las unidades presentadas.
- Inicialmente se analiza el 100% hasta que se consiguen, **i unidades libres** de defectos.
- A continuación se inspeccionan una **fracción f** de la unidades presentados y si se haya un número **i libre de defectos**,
- Se pasa a un nivel, 1, cuyo valor de **fracción se reduce f^2** .
- Este proceso continua a lo largo de los distintos niveles que se deseen del plan propuesto.

✓ Ejemplo de Plan etapa múltiple